

**14/9/5**

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011448366 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 1997-426273/ **199740**  
XRPX Acc No: N97-354760

**Air/fuel ratio setting method for IC engine with exhaust catalyser -  
detects oxygen content of exhaust gases on both sides of catalyser for  
adjustment of air/fuel ratio to maintain constant oxygen storage level.**

Patent Assignee: BOSCH GMBH ROBERT (BOSC )

Inventor: DEIBERT R; GEERING H P; RODUNER C; SCHNAIBEL E; SCHNEIDER E;  
SHAFAI E

Number of Countries: 004 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19606652	A1	19970828	DE 1006652	A	19960223	199740 B
JP 9228873	A	19970902	JP 9735114	A	19970219	199745
US 5901552	A	19990511	US 97802904	A	19970220	199926
IT 1290232	B	19981022	IT 97MI192	A	19970131	200131
DE 19606652	B4	20040212	DE 1006652	A	19960223	200412

Priority Applications (No Type Date): DE 1006652 A 19960223

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19606652	A1	6		F02D-041/14	
JP 9228873	A	6		F02D-041/14	
US 5901552	A			F01N-003/00	
IT 1290232	B			F02D-000/00	
DE 19606652	B4			F02D-041/14	

Abstract (Basic): DE 19606652 A

The air/fuel ratio setting method uses the detected exhaust gas oxygen content before and after the catalyser, for adjusting the air/fuel ratio to compensate aging of the catalyser. The exhaust gas oxygen content values are used for determining the momentary oxygen storage level of the catalyser using a model, with indication of the corresponding catalyser aging, the air/fuel ratio adjusted to maintain the mean oxygen storage level at a constant value.

ADVANTAGE - Simple compensation for catalyser aging.

Dwg.4/4

Title Terms: AIR; FUEL; RATIO; SET; METHOD; IC; ENGINE; EXHAUST; CATALYST; DETECT; OXYGEN; CONTENT; EXHAUST; GAS; SIDE; CATALYST; ADJUST; AIR; FUEL; RATIO; MAINTAIN; CONSTANT; OXYGEN; STORAGE; LEVEL

Derwent Class: Q51; Q52; X22

International Patent Class (Main): F01N-003/00; F02D-000/00; F02D-041/14

International Patent Class (Additional): F01N-003/20; F01N-003/24;  
F01N-009/00; F02D-045/00

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): X22-A03A2A

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 196 06 652 A 1

(51) Int. Cl. 6:

F02D 41/14

F 01 N 9/00

DE 196 06 652 A 1

- (21) Aktenzeichen: 196 06 652.2  
(22) Anmeldetag: 23. 2. 96  
(23) Offenlegungstag: 28. 8. 97

(71) Anmelder:

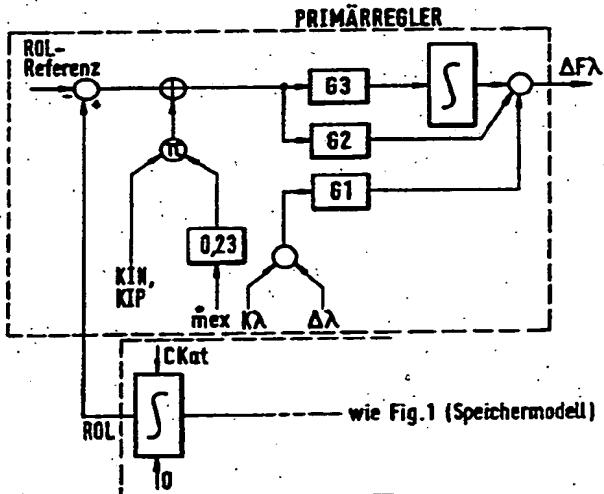
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Schnaibel, Eberhard, 71282 Hemmingen, DE;  
Schneider, Erich, 74368 Kirchheim, DE; Deibert,  
Ruediger, 71732 Tamm, DE; Geering, Hans Peter,  
Winterthur, CH; Roduner, Christian, Zürich, CH;  
Shafai, Esfandiar, Hittnau, CH

(54) Verfahren der Einstellung des Kraftstoff-Luftverhältnisses für eine Brennkraftmaschine mit nachgeschaltetem Katalysator

(55) Vorgestellt wird ein Verfahren der Einstellung des Kraftstoff-Luftverhältnisses für eine Brennkraftmaschine, mit nachgeschaltetem, zur Sauerstoffspeicherung fähigen Katalysator, bei welchem Verfahren die Sauerstoffanteile im Abgas der Brennkraftmaschine vor und nach dem Katalysator erfaßt werden und die Einstellung des Kraftstoff-Luftverhältnisses beeinflussen, wobei sich das Verfahren dadurch auszeichnet, daß aus den genannten Sauerstoffanteilen ein Maß für den momentanen Sauerstoff-Füllungsgrad des Katalysators modellhaft bestimmt wird, daß aus den Modellparametern Aussagen über den Alterungszustand des Katalysators abgeleitet werden, und daß das Kraftstoff-Luftverhältnis so eingestellt wird, daß der Sauerstoff-Füllungsgrad des Katalysators auf einem konstanten mittleren Niveau gehalten wird.



DE 196 06 652 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07.97 702 035/199

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren der Einstellung des Kraftstoff-Luftverhältnisses für eine Brennkraftmaschine mit nachgeschaltetem Katalysator, der eine Sauerstoffspeicherfähigkeit besitzt.

Es ist allgemein bekannt, schädliche Komponenten von Abgasen einer Brennkraftmaschine, wie HC, NO<sub>x</sub> und CO mittels eines Katalysators, der in dem Abgassystem einer Brennkraftmaschine angeordnet ist, weitestgehend in ungiftige Gase zu konvertieren. Entscheidend für den sogenannten Konvertierungsgrad ist, daß der Sauerstoffgehalt des Abgases innerhalb optimaler Werte liegt. Für einen sogenannten Dreiwege-Katalysator liegen diese optimalen Werte in einem engen Bereich um den Wert, der einem Kraftstoff/Luft-Gemisch von  $\lambda = 1$  entspricht. Um diesen engen Bereich einhalten zu können, ist es üblich, das Kraftstoff/Luft-Verhältnis für eine Brennkraftmaschine mittels Sauerstoffsonden zu regeln, die im Abgassystem der Brennkraftmaschine angeordnet sind. Um den Regelvorgang besonders in Übergangsbereichen zu beschleunigen, erfolgt zusätzlich zur Regelung aufgrund des Signals der Sauerstoffsonde die Bestimmung eines sogenannten Vorsteuerwertes aufgrund von Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine, bspw. aufgrund der ihr zugeführten Luftmenge Q und der Drehzahl n. Die Bestimmung der Luftmenge Q kann auf verschiedene Arten erfolgen, wie durch die Bestimmung des Öffnungswinkels einer Drosselklappe oder aufgrund des Signales eines Luftmengenmessers.

Der aufgrund von Q und n bestimmte Vorsteuerwert wird gemäß dem Signal der Sauerstoffsonde derart korrigiert, daß das optimale Kraftstoff/Luft-Gemisch bestimmt wird. Mit dem korrigierten Signal steuert man eine Kraftstoffzumeßeinrichtung an, die der Brennkraftmaschine die optimale Kraftstoffmenge zuführt. Dies kann beispielsweise durch das Ansteuern von Einspritzventilen mit einer Einspritzimpulsbreite  $t_i$  geschehen.

Weiterhin sind Systeme bekannt, die zur Regelung des Kraftstoff/Luft-Gemisches zwei Lambda-Sonden als Sauerstoffsonden verwenden, eine erste vor einem Katalysator und eine zweite danach. Das Signal der zweiten Lambda-Sonde wird mit einem Sollwert verglichen, die Differenz aus beiden Werten wird integriert und der so gewonnene Wert beeinflußt den Sollwert der Regelung aufgrund des Signals der ersten Lambda-Sonde. Ein solches System ist beispielsweise aus der deutschen Anmeldung P 38 37 984 bekannt. Es hat sich weiterhin gezeigt, daß heutige Dreiwege-Katalysatoren eine Gasspeicherfähigkeit, insbesondere eine Sauerstoffspeicherfähigkeit aufweisen. Aus der US 5 207 056 ist in diesem Zusammenhang bekannt, die Gasspeicherfähigkeit des Katalysators bei der Regelung zu berücksichtigen. Nach dieser Schrift wird nicht nur der Momentanwert von  $\lambda$  vor dem Kat auf einen Sollwert geregelt, sondern durch eine überlagerte Regelung mit Hilfe der Sonde hinter dem Kat wird auch das Integral der Regelabweichung auf einen Sollwert geregelt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, bei der Einstellung des Kraftstoff-Luftgemisches den momentanen Füllungszustand des Katalysators mit Sauerstoff stärker zu berücksichtigen und wegen der engen Verknüpfung des Sauerstoffspeicherfähigkeit mit dem Alterungszustand eine Diagnose des Katalysators zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Der Grundgedanke der Erfindung liegt darin, eine stetige Regelung des  $\lambda$  vor dem Kat mit Hilfe einer linearen Breitbandsonde so zu entwerfen, daß eine Bilanzierung des Sauerstoffeintrags in den Katalysator erfolgt. Mit anderen Worten: Ziel der Regelung ist es, den Sauerstofffüllungszustand des Katalysators auf einem Sollwert zu halten. Dazu wird der Lambda-Regelung vor dem Katalysator ein weiterer Regelkreis überlagert, der durch Auswertung eines Signals der hinter dem Kat angeordneten Sonde den Sollwert der Regelung aufgrund des Signals der vorderen Sonde korrigiert. Diese überlagerte Regelung muß dem zeitvarianten Verhalten des Katalysators gerecht werden. D.h.: Die Parameter der Regelung müssen entsprechend dem Alterungszustand des Katalysators nachgeführt werden. Dazu werden Modellparameter eines geeigneten Speichermodells für den Katalysator on-line über modellgestützte Verfahren zur Parameteridentifikation aus dem gemessenen Sauerstoffsignal hinter Kat ermittelt. Diese Parameter stellen ein Maß für die aktuell gültigen Katalysatoreigenschaften dar und erlauben eine sehr schnelle Festlegung des Katalysatorzustandes, da sie on-line ermittelt werden. Im folgenden wird die Erfindung mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Im einzelnen zeigt Fig. 1 ein vereinfachtes Sauerstoffspeichermodell des Katalysators.

Fig. 2 offenbart ein Blockdiagramm eines adaptiven Regelkreises gemäß der Erfindung und die Fig. 3 und 4 zeigen spezielle Ausführungen des Reglers.

Der Dreiwege-Katalysator wird als ein Sauerstoffspeicher betrachtet. Diese Betrachtungsweise führt zu einem vereinfachten Modell des Dreiwege-Katalysators, das sich mit drei Parametern, die das Füllen und Leeren des Sauerstoffspeichers beschreiben, charakterisieren läßt. Mit Hilfe einer rekursiven Markov-Parameterabschätzung auf der Basis der gemessenen Lambda-werte stromaufwärts und stromabwärts des Katalysators können diese drei Parameter on-line identifiziert werden. Aus diesen drei Parametern kann der relative Sauerstoff-Füllungsgrad des Katalysators bestimmt werden. Diese relative Sauerstoff-Füllungsgrad wird zur Regelung herangezogen. Da der Dreiwege-Katalysator lediglich als Sauerstoffspeicher betrachtet wird, kann er mathematisch als begrenzter Integrator für Regelzwecke dargestellt werden. Siehe dazu Fig. 1. Die obere Grenze charakterisiert einen vollen Dreiwege-Katalysator, der keinen weiteren Sauerstoff mehr aufnehmen kann. Die untere Grenze charakterisiert einen Katalysatorzustand, in dem kein Sauerstoff mehr zur Oxidation freigesetzt werden kann. Der Sauerstoffeintrag  $m^o O_2(t)$  kann als Produkt der Abweichung  $\Delta \lambda V K$  des aktuellen Lambda vom stöchiometrischen Verhältnis  $\lambda = 1$  mit dem Abgasmassenstrom  $m^o(t)$  berechnet werden. Dabei kann der Abgasmassenstrom durch dynamische Korrektur des Saugrohrmassenstroms gewonnen werden. Durch Verwendung einer Breitband-Lambda-Sonde vor Kat kann somit der Sauerstoffeintrag in den Katalysator quantifiziert werden. Weiter wird angenommen, daß die Fähigkeit des Katalysators, Sauerstoff aufzunehmen, im allgemeinen von seiner Fähigkeit, Sauerstoff abzugeben, abweicht. Für das Modell des begrenzten Integrators bedeutet das, daß zwei Integratorgeschwindigkeiten  $KIP(t)$  und  $KIN(t)$  verwendet werden müssen. Dabei ist  $KIP$  in der Speicherphase bei positiven  $\Delta \lambda(t)$  aktiv, während  $KIN$  in der Entleerungs-

phase aktiv ist, wenn  $\Delta\lambda$  negativ ist. Dabei unterscheidet sich das  $\Delta\lambda$ , wie es von der vorderen Sonde gemessen wird, noch um einen additiven Versatz  $K\lambda$  von dem  $\Delta\lambda$ , das für die Sauerstoffspeicherungsvorgänge im Katalysatormodell zugrundegelegt wird. Diese Zusammenhänge werden in der Fig. 1 gezeigt. Dabei wird einem Verknüpfungspunkt 1 die Abweichung  $\Delta\lambda$  des Signals der vorderen Sonde vom Wert für stöchiometrische Zusammensetzung sowie ein Wert für den additiven Versatz  $K\lambda$  zugeführt. Die Summe beider Werte wird in einem Verknüpfungspunkt 2 mit dem Abgasmassenstrom multipliziert, der noch mit einem Faktor 0,23 gewichtet ist, der dem Sauerstoffanteil in der Ansaugluft entspricht. Abhängig vom Vorzeichen der Regelabweichung  $\Delta\lambda$  wird durch einen Schalter 3 entweder eine positive (4) oder eine negative (5) Integratorgeschwindigkeit für den begrenzten Integrator 6 vorgewählt. Die Ausgangsgröße  $ROL(t)$  dieses Modells entspricht dem relativen Sauerstoff-Füllungsgrad im Katalysator, definiert als die gespeicherte Sauerstoffmasse, relativ zur aktuellen Sauerstoffspeicherkapazität (OSC) des Katalysators. Die Parameter KIP und KIN sind zeitlich veränderlich. Sie variieren in Abhängigkeit zu Temperaturänderungen und zu Änderungen in der Sauerstoffspeicherfähigkeit OSC, die durch das Altern des Katalysators verursacht werden. Aus der letzteren Abhängigkeit folgt, daß die Parameter KIP und KIN zur Beurteilung der Sauerstoffspeicherfähigkeit und damit des Alterungszustandes des Katalysators herangezogen werden können. Die untere Integratorgrenze in Fig. 1 ist auf Null gesetzt, während die obere Grenze auf eine anfängliche Sauerstoffspeicherfähigkeit CKat des Katalysators gesetzt ist. Die Wahl dieser Grenzen bewirkt, daß die anfänglichen Werte der Parameter KIP und KIN nahe bei 1 liegen. Für einen gealterten Katalysator werden typischerweise Werte  $> 1$  erwartet.

Wie eingangs bemerkt besteht das Ziel der adaptiven Regelung darin, das Kraftstoff-Luftverhältnis so einzustellen, daß sich ein vorgegebener Sauerstofffüllungsgrad im Katalysator einstellt. Dabei wird ein Sauerstoff-Füllungsgrad von ca. 50% als bevorzugtes Ausführungsbeispiel angestrebt. Bei diesem Füllungsgrad ist der Abstand des Füllungsgrades zu den Grenzen des Dreiwege-Katalysators maximal, und deshalb kann der Katalysator stromaufwärtige Änderungen des Kraftstoff-Luftverhältnisses  $\lambda$  in beide Richtungen (fett und mager) optimal ausgleichen. Ein Problem besteht darin, daß der Sauerstoff-Füllungsgrad im Katalysator nicht direkt beobachtet werden kann. Das einzige Katalysator-Ausgangssignal, das greifbar ist, ist das Signal der stromabwärts angeordneten Sonde, von dem lediglich folgende Information abgeleitet werden kann: Wenn  $ELL < \Delta\lambda DS < EUL$  ist, liegt der Sauerstoff-Füllungsgrad zwischen der oberen und unteren Grenze. Wenn  $\Delta\lambda DS > EUL$  ist, liegt der Sauerstoff-Füllungsgrad an der oberen Grenze. Wenn  $\Delta\lambda DS < ELL$  ist, ist der Sauerstoff-Füllungsgrad an der unteren Grenze. Dabei sind EUL und ELL Schwellwerte für die Feststellung, daß der Sauerstoff-Füllungsgrad die obere (upper limit) beziehungsweise untere Grenze (lower limit) erreicht.  $\Delta\lambda DS$  ist der Abstand des gemessenen  $\lambda$  nach dem Katalysator vom Wert 1, der dem stöchiometrischen Verhältnis entspricht. Um den relativen Sauerstofffüllungsgrad zu ermitteln und bei 50% zu erhalten, ist eine indirekte, adaptive Regelung brauchbar, wie sie in Fig. 2 vorgeschlagen wird.

In dieser Anordnung entspricht der Block 2.1 dem Motor, der Block 2.2 dem Dreiwege-Katalysator, der

Block 2.6 dem Primärregler, der Block 2.3 der Parameterabschätzung, der Block 2.4 dem Katalysatormodell, und der Block 2.5 liefert Eingangsgrößen aus der Parameterabschätzung, die im Regler 2.6 mit verarbeitet werden. Die Parameter im Block 2.3 werden durch eine on-line durchgeföhrte rekursive Markov-Parameterabschätzung RME gewonnen. Der geschätzte relative Sauerstoff-Füllungsgrad ROL wird in dem Block 2.4 gebildet, der dem Sauerstoff-Speichermodell entspricht. Die Regelgröße in diesem Schema, nämlich der relative Sauerstofffüllungsgrad ROL, ist ein geschätztes Signal. Dies unterscheidet das vorgestellte Regelschema von typischen indirekten, adaptiven Regelmechanismen, bei denen der primäre Regler direkt eine gemessene Größe verarbeitet. Dieser Unterschied kann folgendes Problem verursachen: Wenn die geschätzten Parameter von den wahren Parametern abweichen, kann der wahre Sauerstofffüllungsgrad des Dreiwege-Katalysators durch die Regelung an die Grenzen geraten, das heißt zu einem leeren oder vollen Katalysator führen. Dieses Problem kann dadurch gelöst werden, daß der geschätzte, relative Füllungsgrad an den wahren Grenzwert gesetzt wird, wie er durch eine stromabwärts angeordnete Lambda-Sonde detektiert wird.

Dadurch wird sowohl der Regler als auch der Algorithmus zur Parameteridentifikation in gewisser Weise angeregt. Für den Entwurf des Primärreglers kann die H-Unendlich-Methode nach Fig. 3 verwendet werden. Dabei wird der Dreiwegekatalysator als reiner Integrator angesehen. Der Motor ist modelliert als eine Reihenschaltung eines Tiefpaßfilters und einer Zeitverzögerung, welche durch eine endliche rationale Transferfunktion angenähert wird, um das H-Unendlich-Problem zu lösen. Die Regelgröße des Motors wird als Lambda-Faktor  $\Delta\lambda$  angenommen, wobei die Summe  $1 + \Delta\lambda$  dem Korrekturfaktor entspricht, mit dem die Einspritzdauer korrigiert wird. Für das H-Unendlich-Problem werden zwei gewichtete Transferfunktionen WES und WYS benutzt. Bei entsprechender Wahl der Transferfunktionen ergibt sich folgendes Regelgesetz:  $C(s) = G_1 + G_2 \cdot 1 : S + G_3 \cdot 1 : S^2$ . Wie in Fig. 4 gezeigt wird, wird der Regler CS unter Verwendung des Primärreglers 2.6 und des Blockes 2.4 aus der Fig. 2 realisiert. Die Parameter KIP, KIN und  $K\lambda$  werden rekursiv im Block RME der Fig. 2, das heißt dem Block 2.3, identifiziert. Die Rekursionsschritte werden dadurch ausgelöst, daß der Sauerstoff-Füllungsgrad seine obere oder untere Grenze passiert. Mit anderen Worten kann der Grundgedanke der Erfindung auch wie folgt beschrieben werden: Zunächst wird der Sauerstoffeintrag in einen Katalysator bestimmt aus dem Abgasmassenstrom und der Abweichung des aktuellen Lambda vom stöchiometrischen Verhältnis  $\lambda = 1$ . Durch Verwendung einer Breitband-Lamdasonde vor Kat kann somit der Sauerstoffeintrag in den Katalysator quantifiziert werden. Weiterhin wird dadurch ermöglicht, die Regelstrecke der Regelung vor Kat durch ein lineares Übertragungsglied zu beschreiben und somit über einen modellgestützten Ansatz für den Reglerentwurf die beiden Regelziele schnelle Ausregelung von Lambda-Störungen und Bilanzierung des Sauerstoffeintrags für den Katalysator gemeinsam optimal zu entwerfen. Als Entwurfsansatz wird beispielsweise die H-Unendlich-Methode verwendet, welche die Koeffizienten  $G_1$  bis  $G_3$  aus Bild 4 generiert. Die Regelung vor Kat wird a priori aufgrund des einmal identifizierten Übertragungsverhaltens des Motors identifiziert, da diese Modellparameter nur sehr langsam schwanken unterworfen

sind. Die Modellierung des Katalysatorspeicherverhaltens erfolgt mit Hilfe einer normierten Größe (Integrator) für die Speicherkapazität und zweier Durchflußkonstanten KIN und KIP, die den positiven beziehungsweise negativen Sauerstoffeintrag in den Katalysator getrennt beschreiben. Zur Vervollständigung des Modells wird eine Offsetkonstante Kλ zusätzlich in dem Modell berücksichtigt. Die beiden Durchflußkonstanten KIN und KIP sowie Kλ können aus den meßbaren Signalen  $\lambda_{VK}$  und  $\lambda_{HK}$  durch Verfahren der Parameteridentifikation ermittelt werden. Ein geeigneter Ansatz ist hierfür die Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate mit zeitlich varianter Gewichtung des Fehlers der Modellvorhersage (Markov-Schätzung). Durch rekursive Formulierung dieses Identifikationsalgorithmus kann somit ein Update der geschätzten Werte KIN, KIP in jedem Abtastschritt erfolgen. Die Parameter KIN, KIP und Kλ werden nun einerseits direkt zu Regelungszwecken benutzt. Diese sind das Ausgleichen stationärer Ungenauigkeiten des Sondesignals vor Kat und in Verbindung mit dem Katalysatormodell die Vorgabe eines Sollwertes zur Einhaltung eines definierten Katalysatorfüllstandes. Somit ist sichergestellt, daß durch Verwendung der aktuell gültigen Parameter des Katalysatormodells die Regelung zu jedem Zeitpunkt optimal richtig auf den jeweiligen Katalysatorzustand abgestimmt ist. Gleichzeitig können durch Auswertung der Zeitverläufe der geschätzten Durchflußkonstanten KIN und KIP Aussagen über den Katalysatorzustand gemacht werden. Im einfachsten Fall genügt dazu eine Schwellwertüberwachung dieser Werte.

#### Patentansprüche

1. Verfahren der Einstellung des Kraftstoff-Luftverhältnisses für eine Brennkraftmaschine mit nachgeschaltetem, zur Sauerstoffspeicherung fähigen Katalysator, bei welchem Verfahren die Sauerstoffanteile im Abgas der Brennkraftmaschine vor und nach dem Katalysator erfaßt werden und die Einstellung des Kraftstoff-Luftverhältnisses beeinflussen, dadurch gekennzeichnet daß aus den genannten Sauerstoffanteilen ein Maß für den momentanen Sauerstoff-Füllungsgrad des Katalysators modellhaft bestimmt wird, daß aus den Modellparametern Aussagen über den Alterungszustand des Katalysators abgeleitet werden, und daß das Kraftstoff-Luftverhältnis so eingestellt wird, daß der Sauerstoff-Füllungsgrad des Katalysators auf einem konstanten mittleren Niveau gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sauerstoffanteil im Abgas der Brennkraftmaschine vor dem Katalysator durch eine Abgassonde mit Breitbandcharakteristik erfaßt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Katalysator-Speicherverhalten modelliert wird durch Integration eines Maßes für den momentanen Sauerstoffeintrag in den Katalysator.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Maß für den Sauerstoffeintrag eine zum Produkt der Abweichung  $\Delta\lambda$  des aktuellen, vor dem Katalysator gemessenen Sauerstoffgehaltes vom Wert des Sauerstoffgehaltes bei stöchiometrischer Gemischzusammensetzung mit dem Abgasmassenstrom proportionale Größe gebildet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgasmassenstrom aus dem gemessenen Ansaugluftmassenstrom bestimmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Integration der positiven Abweichung  $\Delta\lambda$  mit einer anderen Interationsgeschwindigkeit erfolgt, als die Integration der negativen Abweichung  $\Delta\lambda$  und daß die gemessene Abweichung  $\Delta\lambda$  vor der Integration additiv mit einem Parameter Kλ korrigiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter KIP, KIN und Kλ aus den vor und nach dem Katalysator erfaßten Sauerstoffanteil  $\lambda_{VK}$  und  $\lambda_{HK}$  durch Verfahren der Parameteridentifikation ermittelt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameteridentifikation durch Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate mit zeitlich varianter Gewichtung des Fehlers der Modellvorhersage (Markov-Schätzung) ermittelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, gekennzeichnet durch eine Auswertung der Zeitverläufe der geschätzten Parameter KIN, KIP zur Gewinnung von Aussagen über den Katalysator-Alterungszustand.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwert für den Katalysator-Füllungsgrad in Abhängigkeit vom Katalysatorzustand variiert wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

# FIG. 1

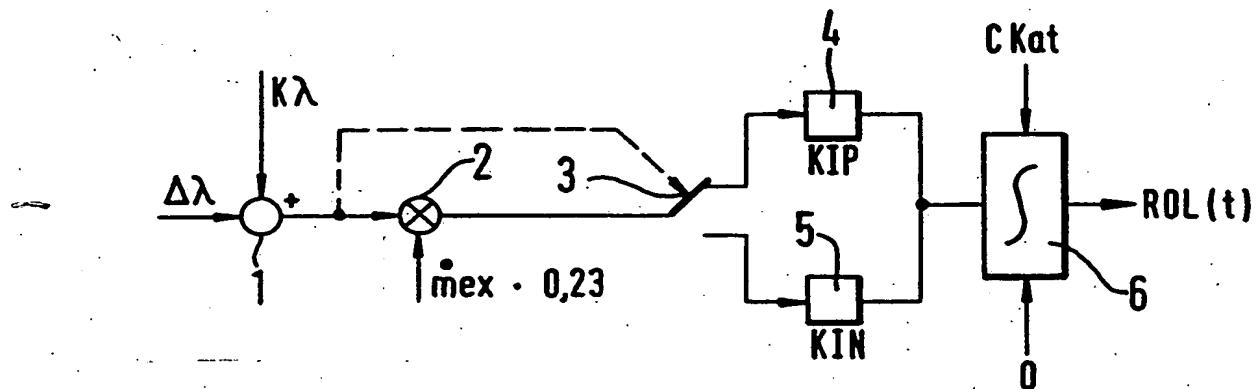


FIG. 2

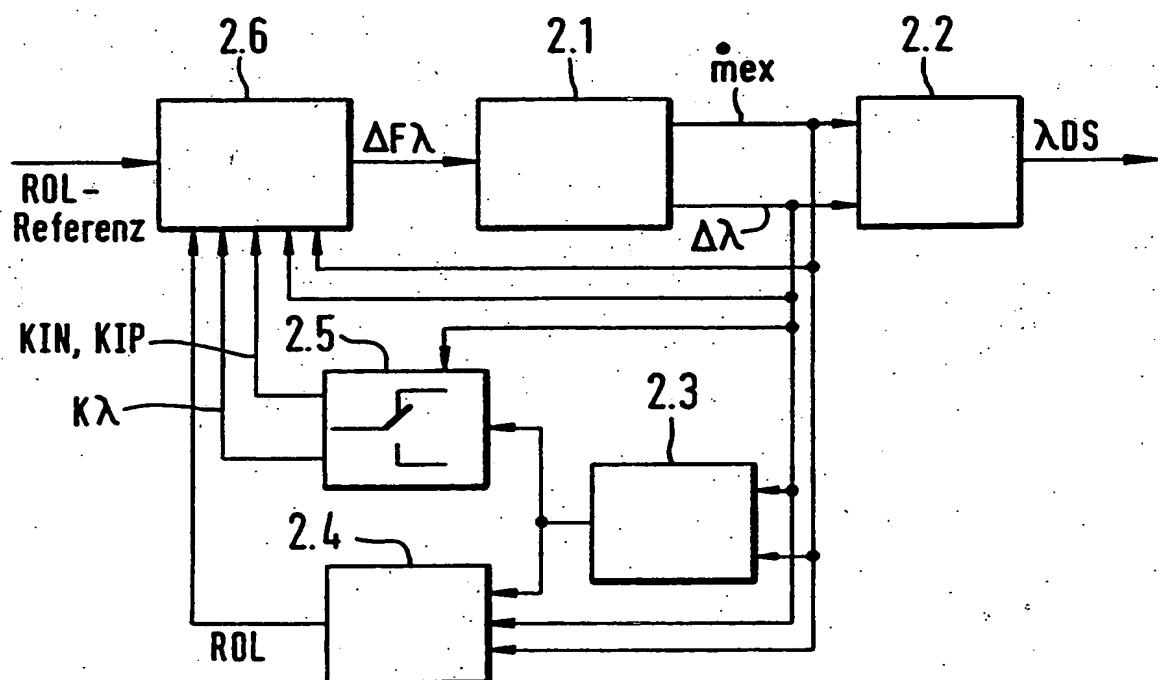


FIG. 3

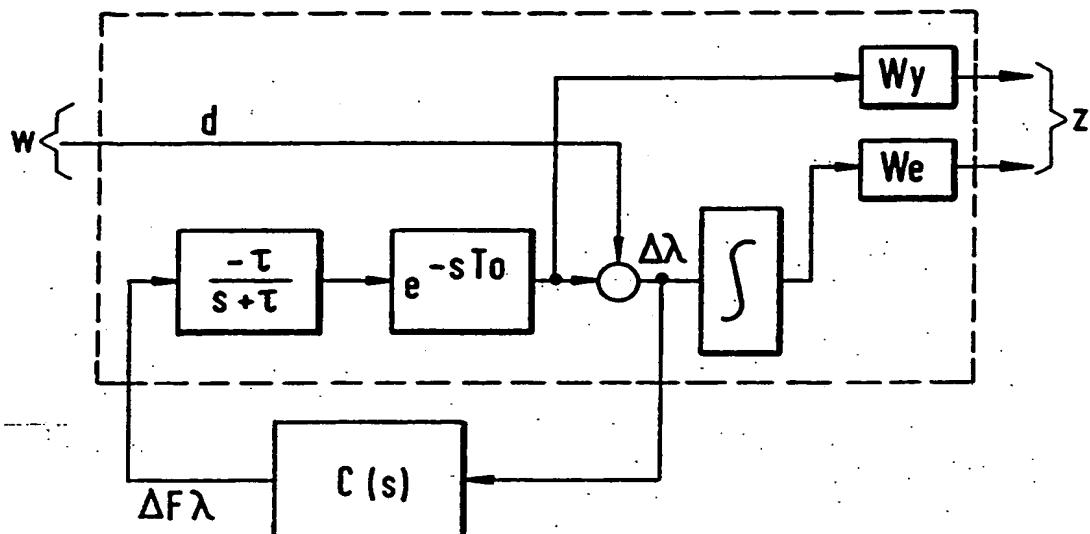


FIG. 4

